

Konsekwencje naruszenia symetrii elektrosłabej w świetle nowych wyników z LHC

Streszczenie

W ostatnich latach, dzięki danym napływającym z LHC kolejne triumfy w fizyce cząstek elementarnych święcił Model Standardowy. Nie tylko odkryto jego ostatni brakujący element, bozon Higgsa, ale także wszystkie kolejne dane potwierdzają jego przewidywania. Dobrym przykładem są własności nowej cząstki które z coraz większą dokładnością zgadzają się z przewidywaniami SM. Mimo to wiemy, że SM nie jest teorią ostateczną, nadal brakuje w nim kluczowych elementów które pozwoliły by zrozumieć ewolucję wczesnego wszechświata.

Kolejne napływające z LHC dane coraz lepiej zgadzają się z przewidywaniami Modelu Standardowego, tym niemniej dokładność tych pomiarów nadal pozwala na jego znaczącą modyfikację. W obliczu braku bezpośredniej obserwacji fizyki wykraczającej poza MS, to właśnie własności niedawno odkrytego Bozonu Higgsa stają się najlepszą drogą do poszukiwania rozszerzeń MS w dostępnych danych. Niniejszą pracę rozpoczyna przegląd własności bozonu Higgsa w Modelu Standardowym oraz jego minimalnym supersymetrycznym rozszerzeniu.

Kolejna część pracy to dyskusja obecnego w MS problemu stabilności próżni. Polega on na metastabilności próżni elektrosłabej, co oznacza, że próżnia ta nie jest globalnym minimum potencjału, jednak jej oczekiwany czas życia jest dłuższy od obserwowanego czasu życia Wszechświata. W naszej dyskusji skupiamy się na ograniczeniach, które można nałożyć na rozszerzenia MS, płynących z wymagania aby nie destabilizowały one zbyt próżni elektrosłabej. Przy opisie owych rozszerzeń wykorzystujemy operatory nierenormalizowalne które jako teoria efektywna mogą przybliżać własności bardzo szerokiej klasy modeli wykraczających poza MS. Badamy także wpływ grawitacji na proces rozpadu próżni, pokazując przy tym, że w przypadku MS wpływ ten jest zaniedbywalny.

Ostatnia część pracy dotyczy problemu Bariogenezy, czyli wytworzenia asymetrii pomiędzy materią i antymaterią którego brakuje w MS. Bariogeneza może nastąpić gdy wszechświat ochładza się i niestabilna próżnia symetryczna rozpada się do próżni łamiącej symetrię elektrosłabą. Niestety w SM ze zmierzoną masą bozonu Higgsa proces ten jest raczej gładkim przejściem do fazy złamanej, więc niezbędne okazuje się rozszerzenie MS w celu uzyskania wymaganej przemiany fazowej pierwszego rodzaju. Daje to szansę zbadania tego rozwiązania w LHC ponieważ takie rozszerzenia muszą istotnie modyfikować potencjał teorii a więc sprzęgać się do bozonu Higgsa i modyfikować jego obserwowane własności. Skupiamy się na często pomijanym aspekcie problemu, jakim jest ewolucja kosmologiczna w czasie Bariogenezy. Jeżeli rozszerzanie się wszechświata nie było zdominowane przez relatywistyczne cząstki, zwiększona szybkość ekspansji Wszechświata pozwala odprząc procesy które mogłyby po przemianie fazowej usunąć powstałą asymetrię. Pozwala to istotnie zmniejszyć wymagania odnośnie rozszerzeń SM mających realizować Bariogenezę podczas elektrosłabej przemiany fazowej, co z kolei czyni wykrycie takich modeli w LHC mniej prawdopodobnym.